

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
8 juillet 2004 (08.07.2004)

PCT

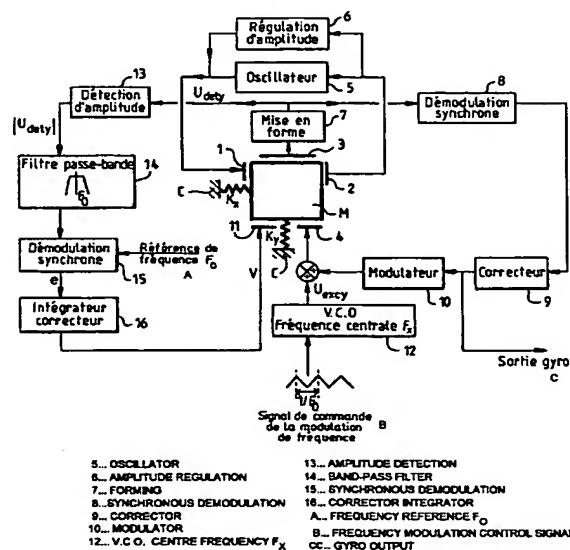
(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/057270 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ :
G01C 19/56, 19/00
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2003/051053
- (22) Date de dépôt international :
18 décembre 2003 (18.12.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
02/16365 20 décembre 2002 (20.12.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US)
: THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92200
NEUILLY-SUR-SEINE (FR).
- (72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GALLON,
Pierre [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, Avenue
Aristide Briand, F-94117 Arcueil (FR). CHAUMET,
Bernard [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, Avenue
Aristide Briand, F-94117 Arcueil (FR).
- (74) Mandataires : GUERIN, Michel etc.; Thales Intellectual
Property, 31-33, Avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil
(FR).
- (81) État désigné (national) : US.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: VIBRATING RATE GYRO WITH SLAVING OF DETECTION FREQUENCY TO EXCITATION FREQUENCY

(54) Titre : GYROMETRE VIBRANT AVEC ASSERVISSEMENT DE LA FREQUENCE DE DETECTION SUR LA
FREQUENCE D'EXCITATION



(57) Abstract: The invention relates to a rate gyro comprising at least one mass (M) which can vibrate along an axis x at a resonance excitation frequency F_x and which can vibrate along an axis y, which is perpendicular to axis x, at a resonance detection frequency F_y , under the effect of a Coriolis force produced by means of rotation around an axis z, which is perpendicular to axes x and y. The invention also comprises a mass (M) vibration interference signal generator which is connected to the aforementioned mass and a loop for slaving resonance frequency F_y such that F_y is equal to or almost equal to F_x while the rate gyro is being used.

(57) Abrégé : L'invention concerne un gyromètre comportant au moins une masse (M) apte à vibrer selon un axe x à une fréquence de résonance d'excitation F_x et apte à vibrer suivant un axe y perpendiculaire à l'axe x, à une fréquence de résonance de détection F_y , sous l'effet d'une force de Coriolis

[Suite sur la page suivante]



(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

engendrée par une rotation autour d'un axe z perpendiculaire aux axes x et y. Il comporte relié à la masse, un générateur d'un signal de perturbation de la vibration de la masse (M), suivant y, et une boucle d'asservissement de la fréquence de résonance F_y de manière à ce que F_y soit égale ou quasiment égale à F_x pendant la durée d'utilisation du gyromètre.

**GYROMETRE VIBRANT AVEC ASSERVISSEMENT DE LA FREQUENCE DE DETECTION
SUR LA FREQUENCE D'EXCITATION**

L'invention concerne un gyromètre vibrant.

On rappelle le principe de fonctionnement d'un gyromètre vibrant en relation avec la figure 1.

Une masse M est suspendue sur un cadre rigide C par
5 l'intermédiaire de deux ressorts de raideur K_x et K_y . Elle possède donc deux degrés de liberté suivant les directions x et y.

Le système peut être considéré comme un ensemble de deux résonateurs de fréquence propre F_x selon x et F_y selon y.

La masse M est excitée à sa fréquence propre F_x selon l'axe x.

10 En présence d'une vitesse de rotation Ω autour du troisième axe z, les forces de Coriolis provoquent un couplage entre les deux résonateurs engendrant une vibration de la masse selon l'axe y.

L'amplitude du mouvement selon y est alors proportionnelle à la vitesse de rotation Ω .

15 Cette amplitude est également fonction de la différence des fréquences propres F_x et F_y : la sensibilité maximale est atteinte lorsque les deux fréquences propres sont égales.

En particulier, pour les gyromètres de haute performance, il est nécessaire d'obtenir une sensibilité maximale du déplacement par rapport à
20 la vitesse de rotation. Il est donc très souhaitable de rendre ces fréquences égales.

Mais lorsque la condition d'égalité des fréquences est atteinte, la bande passante du gyromètre devient très faible. Pour l'augmenter, on asservit le mouvement de détection selon y en appliquant sur la masse une
25 force électrostatique ou électromagnétique selon l'axe y qui contrebalance la force créée par le couplage de Coriolis. Il n'y a plus de vibration de la masse suivant y et c'est alors la force de contre-réaction proportionnelle à la vitesse de rotation Ω qui est mesurée.

Il est donc souhaitable pour les gyromètres vibrants les plus
30 performants de réaliser un asservissement suivant l'axe y et d'obtenir la coïncidence des fréquences F_x et F_y .

Cependant, les dispersions dues au mode de réalisation ne permettent pas d'obtenir par la fabrication un écart de fréquence

parfaitement nul. Pour égaliser les deux fréquences il est donc nécessaire de réaliser un ajustement.

Une première méthode consiste à rendre ces fréquences égales par un équilibrage mécanique. Il s'agit alors de modifier par un enlèvement
5 de matière localisé les caractéristiques de masse ou de raideur de l'un ou l'autre des résonateurs. Cette méthode peut être utilisée pour réaliser un réglage initial grossier des fréquences.

Une autre méthode consiste à réaliser un équilibrage électrique. Par l'intermédiaire d'électrodes, on ajoute une raideur électrostatique (ou
10 électromagnétique) variable sur un des deux résonateurs de façon à faire varier sa fréquence propre. Cette méthode permet de réaliser un réglage initial très fin des fréquences à partir d'une tension électrique appliquée sur les électrodes.

Dans le cas où l'on utilise un gyromètre dont les fréquences ont
15 été initialement réglées par l'une de ces méthodes, le réglage initial de coïncidence des fréquences de résonance mécanique F_x et F_y ne peut être conservé à long terme et dans toutes les conditions d'environnement.

En effet des phénomènes parasites mécaniques et les phénomènes de thermoélasticité ne sont pas rigoureusement identiques pour
20 les deux résonateurs et peuvent conduire à une différenciation des fréquences lorsque les conditions d'environnement mécanique et thermique évoluent.

Un but important de l'invention est donc de proposer un gyromètre vibrant permettant que le réglage initial de coïncidence des fréquences de
25 résonance mécanique F_x et F_y puisse être conservé à long terme et dans toutes les conditions d'environnement.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose un gyromètre comportant au moins une masse M apte à vibrer selon un axe x à une fréquence de résonance d'excitation F_x et apte à vibrer suivant un axe y
30 perpendiculaire à l'axe x , à une fréquence de résonance de détection F_y , sous l'effet d'une force de Coriolis engendrée par une rotation autour d'un axe z perpendiculaire aux axes x et y , principalement caractérisé en ce qu'il comporte relié à la (ou les) masse(s) M , une boucle d'asservissement de la fréquence de résonance F_y de manière à ce que F_y soit égale ou quasiment
35 égale à F_x pendant la durée d'utilisation du gyromètre.

Cette boucle d'asservissement permet ainsi d'obtenir un asservissement permanent de la raideur K_y pour obtenir l'égalité des fréquences propres F_x et F_y selon les deux directions.

Selon une caractéristique de l'invention, il comprend un générateur d'un signal de perturbation de la vibration de la masse M suivant y , relié à la masse M , et la boucle d'asservissement comprend des moyens de modification de la fréquence de résonance de détection F_y , des moyens de détection de la variation induite par le signal de perturbation, sur la vibration de la masse M suivant y , un signal d'erreur représentatif du décalage entre F_x et F_y étant déduit de cette variation, et des moyens de commande des moyens de modification de F_y , la commande étant établie à partir du signal d'erreur.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le générateur du signal de perturbation est relié à la masse M via les moyens de modification de F_y .

Selon un autre mode de réalisation, le gyromètre comportant des moyens d'excitation de la masse M suivant y visant à contrebalancer la vibration suivant y engendrée par la force de Coriolis, le générateur du signal de perturbation est relié à la masse M via ces moyens d'excitation.

20

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 illustre schématiquement le principe de fonctionnement d'un gyromètre vibrant,

la figure 2 représente schématiquement les principaux composants nécessaires relatifs à une seule masse d'un gyromètre selon l'état de la technique,

la figure 3 représente schématiquement une courbe représentative de la variation de l'amplitude (en dB) du signal $|U_{dety}|$ de détection du mouvement de la masse suivant y , en fonction de la fréquence en Hz du signal d'excitation U_{excy} selon l'état de la technique,

les figures 4a) et 4b) représentent schématiquement les courbes représentatives du signal (en l'occurrence une tension) de commande de la modulation de fréquence (fig 4a) et du signal de perturbation U_{excy} modulé

4

en fréquence autour de la fréquence centrale F_x à la fréquence F_0 (fig 4b), exprimés en fonction du temps,

les figures 5a), 5b), 5c) représentent schématiquement selon que $F_y > F_x$, $F_y = F_x$ ou $F_y < F_x$, les courbes correspondant à celles des figures 3 et 4a) ainsi que la variation correspondante de l'amplitude du signal de détection $\Delta |U_{dety}|$,

la figure 6a) représente schématiquement le signal de détection U_{dety} dont l'enveloppe représente $\Delta |U_{dety}|$, dans le cas où $F_x \neq F_y$; un signal de référence de démodulation de fréquence F_0 , et un signal d'erreur e sont respectivement schématiquement représentés figures 6b) et 6c),

la figure 7 représente schématiquement les principaux composants nécessaires relatifs à une seule masse d'un exemple de gyromètre selon l'invention,

la figure 8 représente schématiquement les principaux composants nécessaires relatifs à une seule masse d'un autre exemple de gyromètre selon l'invention.

Les gyromètres vibrants de haute précision comportent généralement deux masses symétriques vibrantes fonctionnant dans un mode dit diapason.

Sur les capteurs micro-usinés, le mouvement d'excitation est généralement assuré par des forces électrostatiques suivant la direction x . Ces forces sont souvent créées au moyens de peignes électrostatiques.

Le mouvement de détection se fait selon une direction y perpendiculaire à x . Dans le cas de capteurs micro-usinés réalisés dans une structure plane, cette direction y peut suivant les cas être dans le plan de la structure plane ou perpendiculaire à ce plan.

On a représenté figure 2, les principaux composants nécessaires relatifs à une seule masse, pour des raisons de simplicité.

De manière classique, des moyens sont prévus :

- pour appliquer des forces d'excitation selon la direction x et pour détecter le mouvement des masses suivant x de manière à asservir ces forces d'excitation,

- pour détecter le mouvement des masses suivant les directions y ,
- pour appliquer des forces de contre-réaction sur les masses

suivant y, ces forces étant destinées à contrebalancer les forces créées par le couplage de Coriolis selon y.

Ces moyens sont généralement constitués par des jeux d'électrodes. Les résonateurs x et y comportent donc différents types d'électrodes :

- des électrodes d'excitation 1 permettant d'appliquer une force d'excitation selon x proportionnelle à une tension de commande $U_{exc x}$, et des électrodes de détection 2 fournissant une tension de détection $U_{det x}$ proportionnelle au mouvement en x,

- des électrodes de détection 3 fournissant une tension de détection $U_{det y}$ proportionnelle au mouvement en y,

- des électrodes de contre-réaction 4 qui sont en fait des électrodes d'excitation permettant d'appliquer une force de contre-réaction sur le résonateur y proportionnelle à une tension de commande $U_{exc y}$.

Les moyens de détection 2 du mouvement de la masse en x sont reliés aux moyens 1 pour appliquer des forces d'excitation selon la direction x par un oscillateur 5 et un dispositif 6 de régulation d'amplitude disposé en parallèle avec l'oscillateur 5.

Une boucle de contre-réaction ou d'excitation en y comporte les éléments suivants. Les moyens de détection 3 du mouvement de la masse en y sont reliés aux moyens 4 pour appliquer des forces de contre-réaction selon la direction y par un dispositif 7 de mise en forme, en série avec un démodulateur synchrone 8, un correcteur 9 puis un modulateur 10. Le signal de sortie du gyromètre provient du correcteur 9.

Le but de l'invention est de concevoir un asservissement permanent de F_y en contrôlant par exemple la raideur K_y , de manière à obtenir l'égalité des fréquences propres F_y et F_x . Pour cela on propose une boucle d'asservissement qui comporte des moyens de modification 11 de F_y (représentés figures 7 et 8) tels que par exemple des électrodes de contrôle de la raideur K_y , qui sont commandés à partir d'un signal d'erreur représentatif du décalage entre F_x et F_y . Le signal d'erreur est déterminé de la manière suivante:

La figure 3 représente schématiquement une courbe représentative de la variation de l'amplitude (en dB) du signal $|U_{det y}|$ issu des électrodes de détection du mouvement de la masse suivant y, en

fonction de la fréquence en Hz du signal d'excitation U_{excy} appliqué sur les électrodes d'excitation. Cette courbe est maximale lorsque $F_x = F_y$ et décroît sinon.

En perturbant la fréquence du signal d'excitation U_{excy} , c'est-à-dire en appliquant sur la masse une force de perturbation suivant Oy , on obtient une perturbation du signal de détection du mouvement de la masse suivant y , représentative du signal d'erreur.

La force de perturbation est engendrée en appliquant sur l'électrode 4 d'excitation en y , une tension de perturbation U_{excy} modulée en fréquence autour de la fréquence centrale F_x à la fréquence F_0 de la forme suivante

$$U_{excy} = U_{exc0} \sin(2\pi(F_x + \Delta F \sin(2\pi F_0 t))t)$$

U_{exc0} étant une constante.

U_{excy} est représentée figure 4b) et obtenue en appliquant à un oscillateur un signal (en l'occurrence une tension) de commande de la modulation de fréquence représentée figure 4a).

On a indiqué sur la figure 4b) certaines fréquences de U_{excy} .

En pratique la modulation de fréquence n'est pas forcément sinusoïdale mais triangulaire. F_0 est choisie supérieure à la bande passante du gyromètre, mais très inférieure à F_x . On a par exemple ΔF égal à environ 10% F_x .

Selon que la fréquence de résonance F_y est inférieure, égale ou supérieure à la fréquence d'excitation F_x , les variations de l'amplitude du signal de détection $|U_{dety}|$ seront différentes :

si $F_y > F_x$, $\Delta|U_{dety}| = u \sin(2\pi F_0 t)$ (secteur 1, représenté figure 5a)

si $F_y = F_x$, $\Delta|U_{dety}| = u \sin(4\pi F_0 t)$ (secteur 2, représenté figure 5b)

si $F_y < F_x$, $\Delta|U_{dety}| = -u \sin(2\pi F_0 t)$ (secteur 3, représenté figure 5c)

Ces variations de l'amplitude du signal de détection $|U_{dety}|$ sont ainsi représentatives du décalage entre F_x et F_y : on en déduit le signal d'erreur e .

Selon le secteur considéré, l'amplitude du signal d'erreur est un signal de fréquence F_0 en phase avec le signal de commande (secteur 1) ou en opposition de phase (secteur 3) ou un signal de fréquence $2F_0$ (secteur

2).

Ces trois cas de figures sont respectivement illustrés sur les figures 5a), 5b) et 5c). On a représenté dans chaque cas, la même courbe que celle de la figure 3 ainsi que la variation du signal de commande de la modulation de fréquence de U_{excy} comme représenté figure 4a), et la variation correspondante de l'amplitude du signal de détection $\Delta|U_{dety}|$ dont est déduit le signal d'erreur e .

Dans le cas de la figure 5a) où $F_x < F_y$, $\Delta|U_{dety}|$ est un signal de fréquence F_0 en phase avec le signal de commande.

Dans le cas de la figure 5b) où $F_x = F_y$, $\Delta|U_{dety}|$ est un signal de fréquence $2F_0$.

Dans le cas de la figure 5c) où $F_x > F_y$, $\Delta|U_{dety}|$ est un signal de fréquence F_0 en opposition de phase avec le signal de commande.

On a représenté figure 6a) le signal de détection U_{dety} dont l'enveloppe représente $\Delta|U_{dety}|$, dans le cas où $F_x \neq F_y$; un signal de référence de démodulation de fréquence F_0 , et le signal d'erreur e issu du dispositif de démodulation synchrone 15 sont respectivement représentés figures 6b) et 6c).

On va à présent décrire un gyromètre selon l'invention. Il comporte comme représenté figure 7, en plus des éléments décrits en relation avec la figure 2 et repérés par les mêmes références, un générateur 12 d'un signal de perturbation de la vibration de la masse suivant y relié à la masse M , et une boucle d'asservissement de la fréquence de résonance F_y sur la fréquence F_x .

La force de perturbation est engendrée en appliquant sur l'électrode 4 d'excitation en y , au moyen du générateur 12 tel qu'un oscillateur commandé en tension ("Voltage Controlled Oscillator" ou "VCO" en anglais), relié à la boucle d'excitation en y , une tension de perturbation U_{excy} modulée en fréquence autour de la fréquence centrale F_x à la fréquence F_0 . Le signal de commande de l'oscillateur est celui de la figure 4a).

La boucle d'asservissement comporte les éléments suivants.

On récupère au moyen d'un détecteur d'amplitude 13, l'amplitude du signal U_{dety} après mise en forme par un dispositif de mise en forme 7 du

signal issu des électrodes 3 de détection. Ce détecteur 13 fournit $|U_{dety}|$ et après passage de $|U_{dety}|$ dans un filtre 14 passe-bande étroit autour de F_0 puis dans un démodulateur 15 de fréquence de référence à F_0 , on dispose d'un signal d'erreur e qui devient nul lorsque la fréquence F_y devient égale à F_x .

Après intégration au moyen d'un intégrateur-correcteur 16, ce signal d'erreur peut commander une tension V sur l'électrode de raideur 11 modifiant la raideur K_y et donc la fréquence F_y .

La fréquence propre F_y de la masse M suivant y est donc bien asservie sur la fréquence propre F_x suivant X .

Dans le cas décrit précédemment, on a appliqué une force de perturbation sur la masse suivant y , en effectuant une modulation sur la fréquence du signal d'excitation.

Plutôt que de moduler la fréquence d'excitation, il est possible selon une variante de l'invention de moduler l'amplitude de la raideur électrostatique.

On applique alors sur l'électrode de raideur 11 une tension $V + v_0 \sin(2\pi F_0 t)$; l'effet sur le signal de détection est alors équivalent à celui obtenu par une modulation de la fréquence du signal d'excitation.

On a représenté figure 8 le gyromètre correspondant à cette variante. La force de perturbation est alors engendrée en appliquant sur l'électrode de raideur 11 en y , la tension de perturbation $v_0 \sin(2\pi F_0 t)$ générée par un oscillateur (12') centré sur la fréquence F_0 , relié à la boucle d'asservissement de F_y sur F_x . La boucle d'asservissement est la même que celle décrite en relation avec la figure 7.

Les différents éléments décrits en relation avec les figures 2, 7 et 8 peuvent bien sûr être réalisés suivant une technologie analogique ou numérique.

Le gyromètre vibrant selon l'invention peut être à structure plane ou à trois dimensions; il peut être micro-usiné ou non.

REVENDICATIONS

1. Gyromètre comportant au moins une masse (M) apte à vibrer selon un axe x à une fréquence de résonance d'excitation F_x et apte à vibrer suivant un axe y perpendiculaire à l'axe x, à une fréquence de résonance de détection F_y , sous l'effet d'une force de Coriolis engendrée par une rotation
5 autour d'un axe z perpendiculaire aux axes x et y, caractérisé en ce qu'il comprend reliés à la masse (M), un générateur d'un signal de perturbation de la vibration de la masse (M) suivant y, et une boucle d'asservissement de la fréquence de résonance F_y de manière à ce que F_y soit égale ou quasiment égale à F_x pendant la durée d'utilisation du gyromètre, la boucle
10 d'asservissement comprenant
des moyens (11) de modification de la fréquence de résonance de détection F_y ,
des moyens (3) de détection de la variation induite par le signal de perturbation, sur la vibration de la masse (M) suivant y, un signal d'erreur e
15 représentatif du décalage entre F_x et F_y étant déduit de cette variation,
des moyens (16) de commande des moyens (11) de modification de F_y , la commande étant établie à partir du signal d'erreur e.
2. Gyromètre selon la revendication précédente, caractérisé en ce
20 que le générateur du signal de perturbation est relié à la masse (M) via les moyens (11) de modification de F_y .
3. Gyromètre selon la revendication précédente, caractérisé en ce
que le générateur du signal de perturbation est relié aux moyens (11) de
25 modification de F_y via la boucle d'asservissement.
4. Gyromètre selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que
le générateur du signal de perturbation est un oscillateur (12') de fréquence
de référence F_0 prédéterminée.
30
5. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications 2 à 4,
caractérisé en ce que, le gyromètre présentant une bande passante
prédéterminée, le signal de perturbation est un signal périodique de
fréquence F_0 , F_0 étant supérieure à la bande passante du gyromètre, et

inférieure à F_x .

6. Gyromètre selon la revendication 1, comportant des moyens (4) d'excitation de la masse (M) suivant y visant à contrebalancer la vibration
5 suivant y engendrée par la force de Coriolis, caractérisé en ce que le générateur du signal de perturbation est relié à la masse (M) via ces moyens (4) d'excitation.

7. Gyromètre selon la revendication précédente, caractérisé en ce
10 qu'il comporte une boucle d'excitation en y et en ce que le générateur du signal de perturbation est relié aux moyens (4) d'excitation via la boucle d'excitation en y.

8. Gyromètre selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que
15 le générateur du signal de perturbation est un oscillateur (12) commandé en tension.

9. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que le gyromètre présentant une bande passante
20 prédéterminée, le signal de perturbation est un signal périodique dont la fréquence varie entre $F_x - \Delta F$ et $F_x + \Delta F$ selon une fréquence F_0 , F_0 étant supérieure à la bande passante du gyromètre, et inférieure à F_x , ΔF étant égal à environ 10% F_x .

25 10. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que les moyens (4) d'excitation comportent des électrodes.

11. Gyromètre selon l'une quelconque des
revendications précédentes, caractérisé en ce que la boucle
30 d'asservissement comprend en outre reliés en série, des moyens (7) de mise en forme du signal issu des moyens (3) de détection, un dispositif de détection d'amplitude (13), un filtre (14) passe-bande autour de F_0 , un démodulateur (15) synchrone de fréquence de référence F_0 , et un intégrateur-correcteur (16) relié aux moyens (11) de modification de la
35 fréquence F_y .

12. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, la masse (M) étant reliée à un cadre rigide (C) au moyen de ressorts selon x et y de raideur respective
5 Kx et Ky, les moyens (11) de modification de la fréquence de résonance Fy comportent des électrodes de contrôle de la raideur Ky.

13. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (3) de
10 détection de la variation induite sur la vibration de la masse suivant y comportent des électrodes.

14. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal de perturbation étant un signal
15 périodique de fréquence F_0 prédéterminée, ce signal de perturbation est un signal sinusoïdal ou triangulaire.

15. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le gyromètre est un gyromètre micro-
20 usiné à structure plane et en ce que les axes x et y sont dans le plan de la structure plane.

16. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que le gyromètre est un gyromètre micro-usiné à structure
25 plane et en ce que l'axe x est dans le plan de la structure plane, et l'axe y n'est pas dans le plan de la structure plane.

17. Gyromètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il est à trois dimensions.

1/6

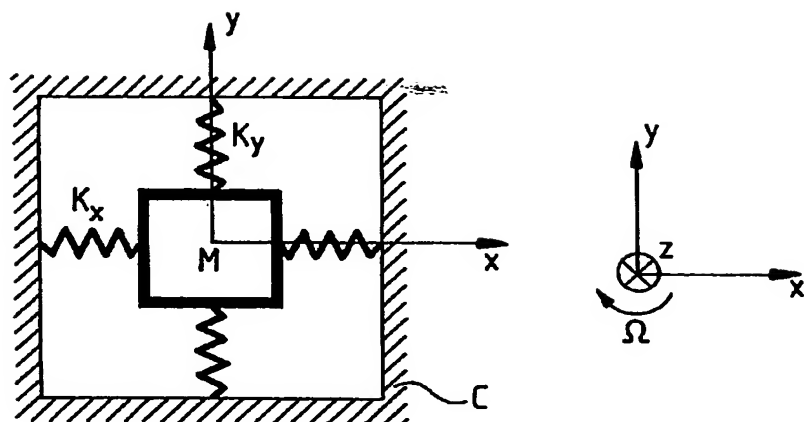


FIG.1

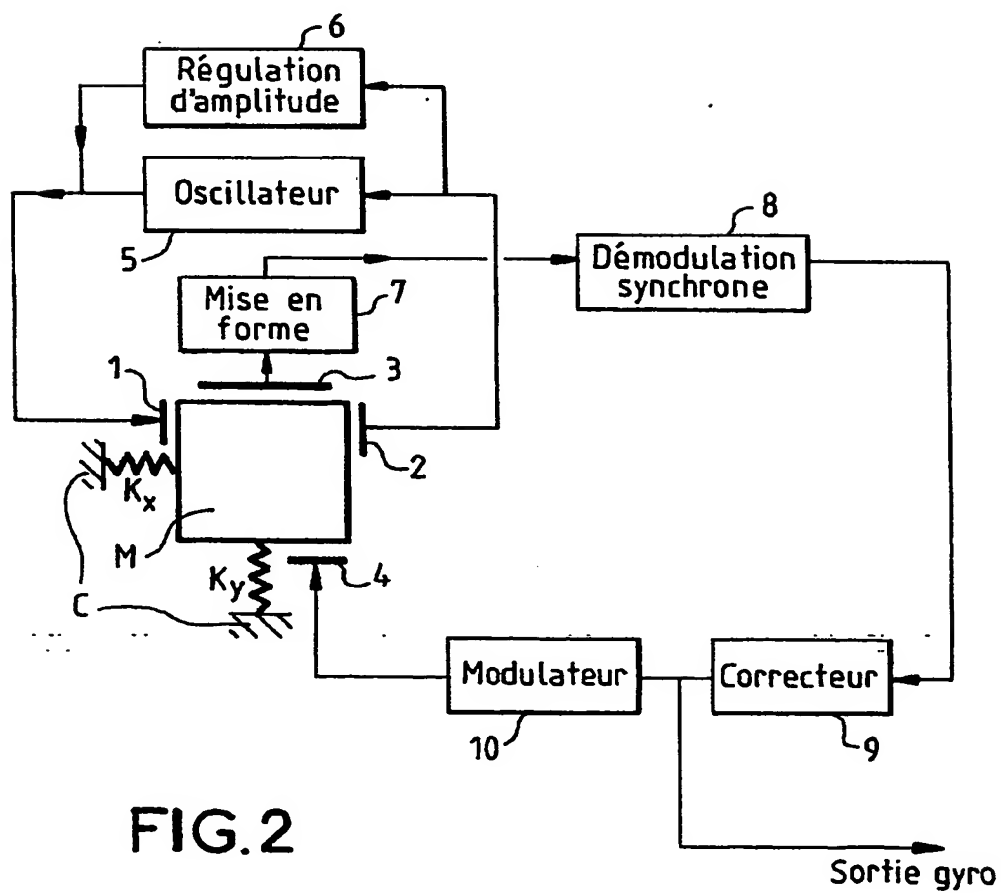
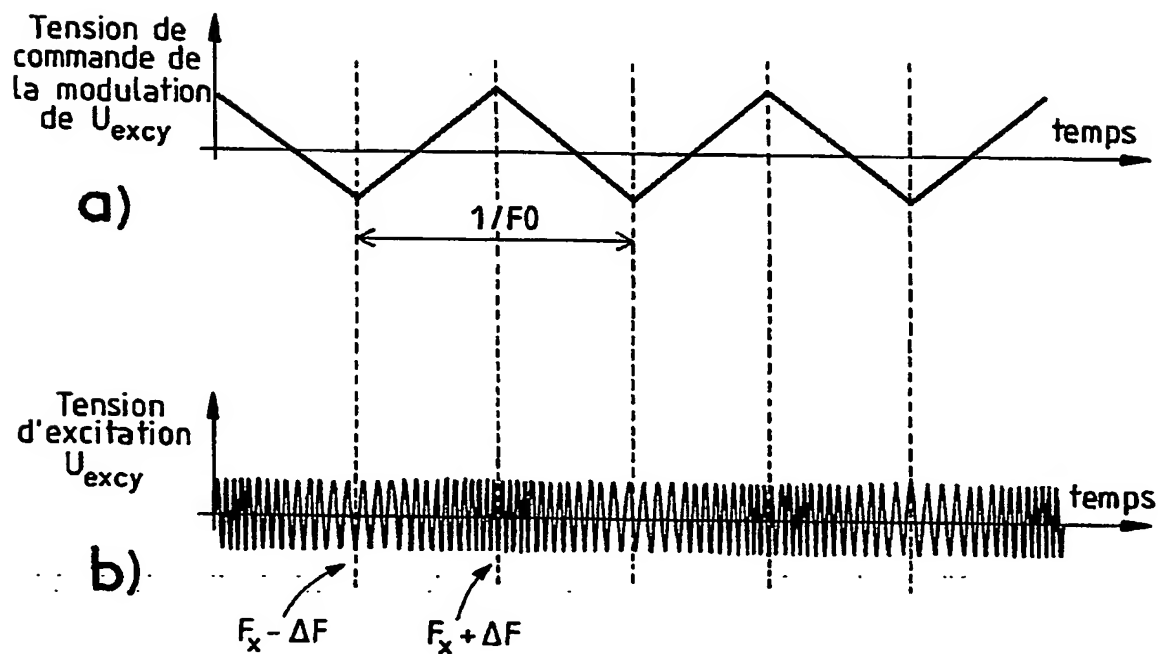
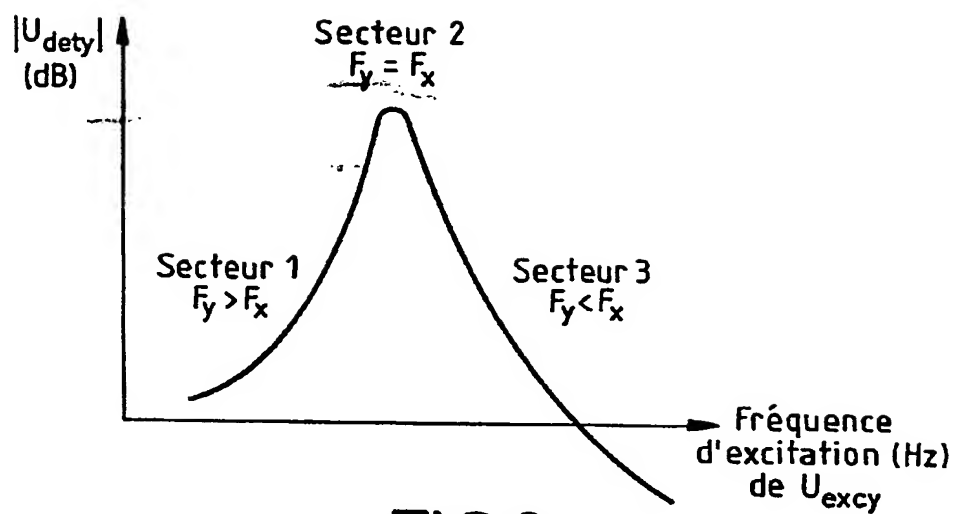
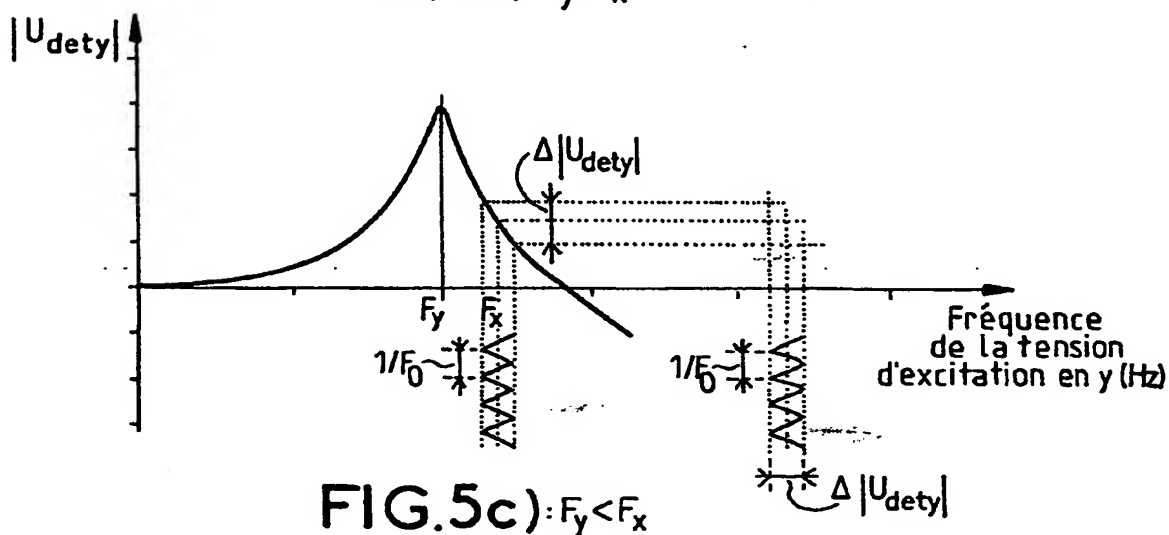
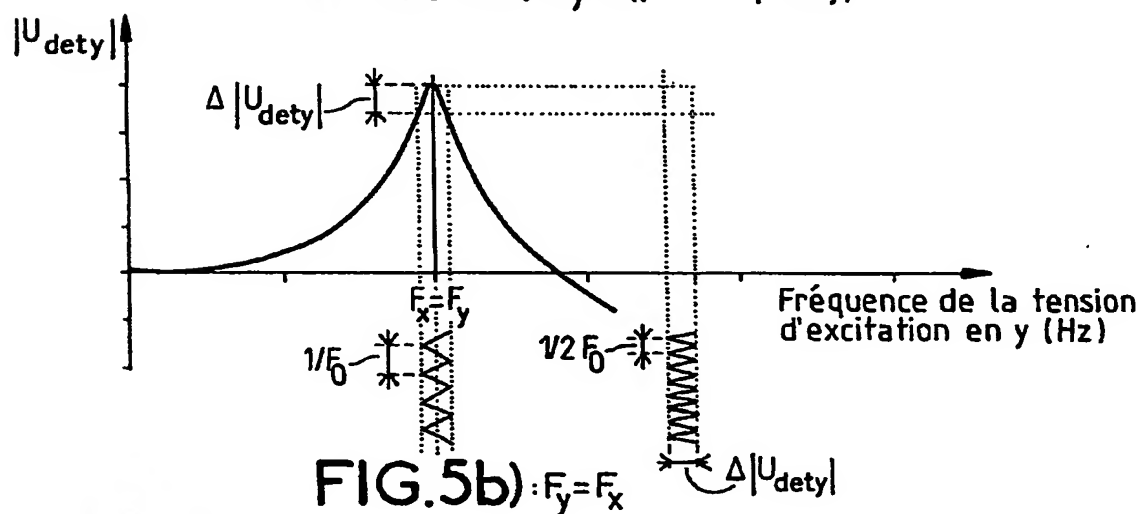
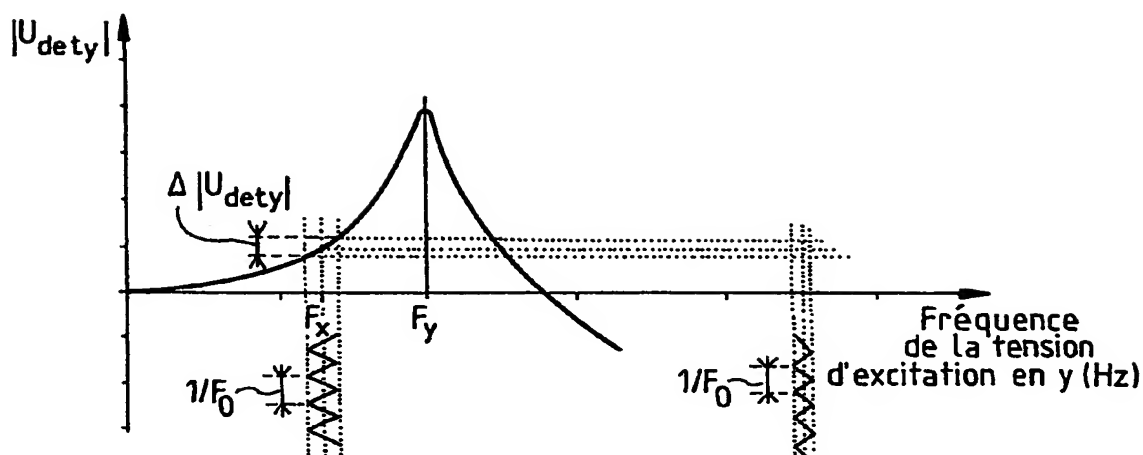


FIG.2

2/6



3/6



4/6

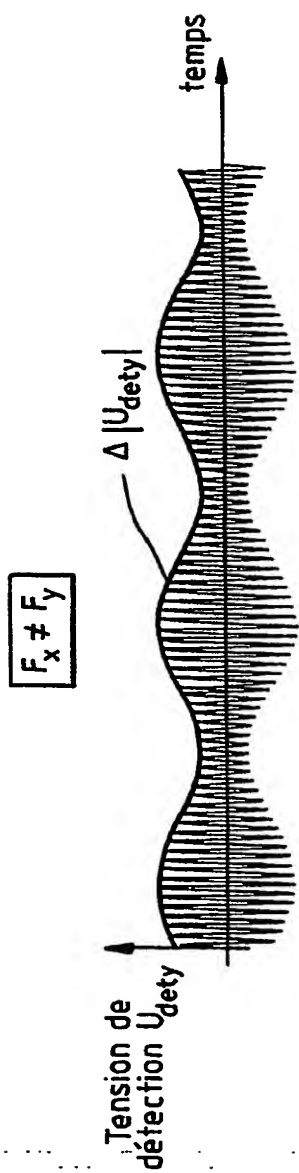


FIG. 6a

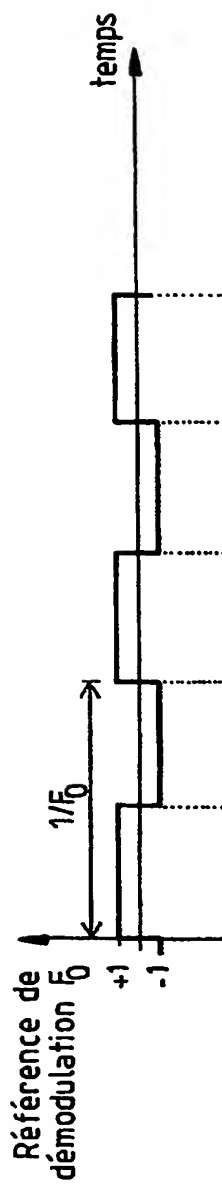


FIG. 6b

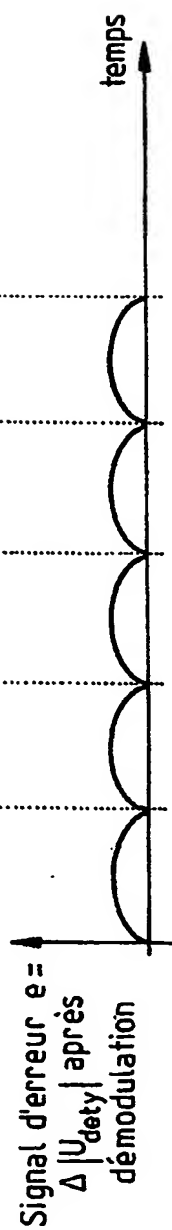


FIG. 6c

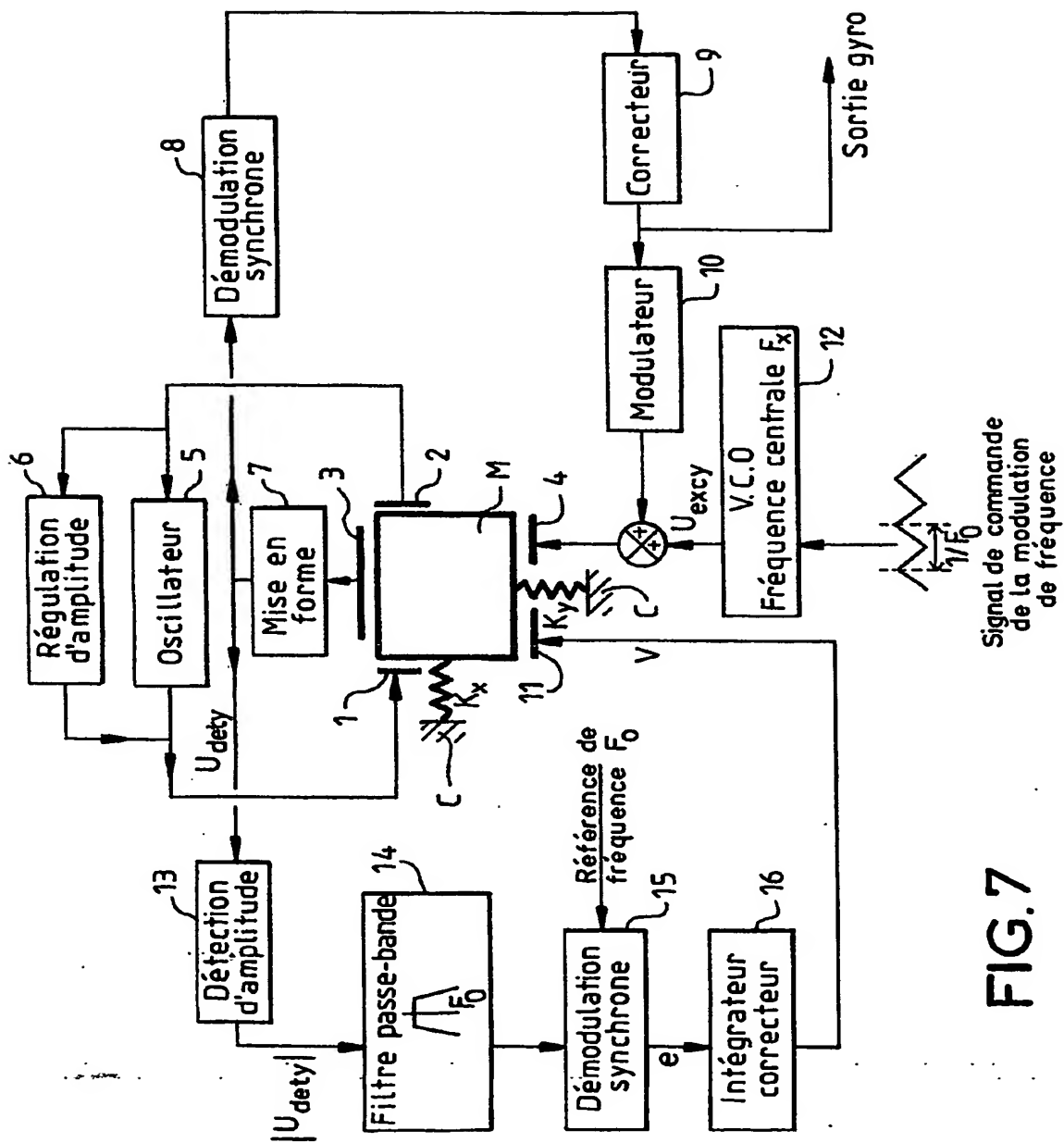


FIG. 7

6/6

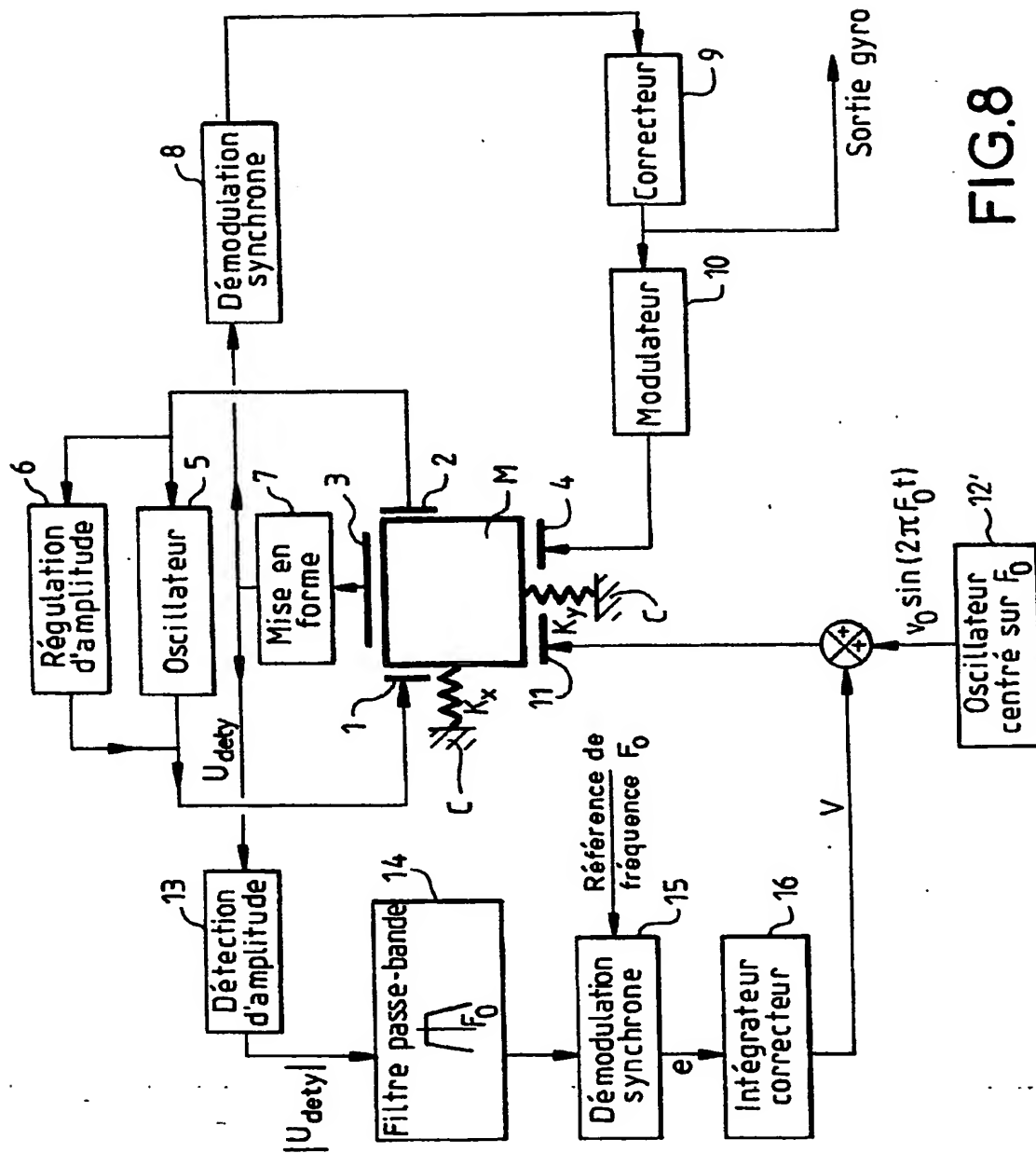


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/51053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01C19/56 G01C19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01C G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98/15799 A (FOLKMER BERND ; LANG WALTER (DE); GEIGER WOLFRAM (DE); SOBE UDO (DE) 16 April 1998 (1998-04-16) page 9, last paragraph - page 27, paragraph 1; figures 1A,1B,2,3,4A,5	1-17
A	US 5 992 233 A (CLARK WILLIAM A) 30 November 1999 (1999-11-30) column 2, line 45 - line 60 column 4, line 38 - column 6, line 56 column 9, line 4 - column 10, line 56 column 12, line 14 - line 55; figures 1,2,7A,7B,7C	1-17
A	US 5 747 690 A (LEE CHONG-WON ET AL) 5 May 1998 (1998-05-05) column 4, line 18 - line 65 column 7, line 8 - line 47; figures 3,7	1-17
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 April 2004

Date of mailing of the international search report

07/05/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Springer, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/51053

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MOCHIDA Y ET AL: "A micromachined vibrating rate gyroscope with independent beams for the drive and detection modes" MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1999. MEMS '99. TWELFTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ORLANDO, FL, USA 17-21 JAN. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 17 January 1999 (1999-01-17), pages 618-623, XP010321778 ISBN: 0-7803-5194-0 page 618 page 621</p>	1-17
A	<p>US 6 253 612 B1 (JUNEAU THOR N ET AL) 3 July 2001 (2001-07-03) column 1, line 18 - line 49 column 3, line 56 - column 4, line 16 column 5, line 9 - column 7, line 37; figures 1,2,5,8</p>	1-17
A	<p>EP 0 642 216 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 8 March 1995 (1995-03-08) page 1, line 5 - page 3, line 16; figures 4,14,15A</p>	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/51053

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9815799	A	16-04-1998	DE 19641284 C1	20-05-1998
			DE 59700804 D1	05-01-2000
			WO 9815799 A1	16-04-1998
			EP 0906557 A1	07-04-1999
			JP 2000509812 T	02-08-2000
			JP 3342496 B2	11-11-2002
			US 2002088279 A1	11-07-2002
			US 6349597 B1	26-02-2002
US 5992233	A	30-11-1999	AU 3474497 A	05-01-1998
			EP 0902876 A1	24-03-1999
			JP 2002515976 T	28-05-2002
			WO 9745699 A2	04-12-1997
			US 6296779 B1	02-10-2001
			US 6250156 B1	26-06-2001
			US 6067858 A	30-05-2000
US 5747690	A	05-05-1998	DE 19654304 A1	03-07-1997
			JP 9189557 A	22-07-1997
US 6253612	B1	03-07-2001	NONE	
EP 0642216	A	08-03-1995	US 5491725 A	13-02-1996
			DE 69426957 D1	03-05-2001
			DE 69426957 T2	25-10-2001
			EP 0642216 A1	08-03-1995
			JP 7170152 A	04-07-1995

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP 03/51053

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01C19/56 G01C19/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01C G01P

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 98/15799 A (FOLKMER BERND ; LANG WALTER (DE); GEIGER WOLFRAM (DE); SOBE UDO (DE) 16 avril 1998 (1998-04-16) page 9, dernier alinéa - page 27, alinéa 1; figures 1A,1B,2,3,4A,5	1-17
A	US 5 992 233 A (CLARK WILLIAM A) 30 novembre 1999 (1999-11-30) colonne 2, ligne 45 - ligne 60 colonne 4, ligne 38 - colonne 6, ligne 56 colonne 9, ligne 4 - colonne 10, ligne 56 colonne 12, ligne 14 - ligne 55; figures 1,2,7A,7B,7C	1-17
A	US 5 747 690 A (LEE CHONG-WON ET AL) 5 mai 1998 (1998-05-05) colonne 4, ligne 18 - ligne 65 colonne 7, ligne 8 - ligne 47; figures 3,7	1-17
-/-		

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

15 avril 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/05/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tél (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Springer, O

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP 03/51053

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>MOCHIDA Y ET AL: "A micromachined vibrating rate gyroscope with independent beams for the drive and detection modes" MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1999. MEMS '99. TWELFTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ORLANDO, FL, USA 17-21 JAN. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 17 janvier 1999 (1999-01-17), pages 618-623, XP010321778 ISBN: 0-7803-5194-0 page 618 page 621</p>	1-17
A	<p>US 6 253 612 B1 (JUNEAU THOR N ET AL) 3 juillet 2001 (2001-07-03) colonne 1, ligne 18 - ligne 49 colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 16 colonne 5, ligne 9 - colonne 7, ligne 37; figures 1,2,5,8</p>	1-17
A	<p>EP 0 642 216 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 8 mars 1995 (1995-03-08) page 1, ligne 5 - page 3, ligne 16; figures 4,14,15A</p>	1-17

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/EP 03/51053

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9815799	A	16-04-1998	DE 19641284 C1	20-05-1998
			DE 59700804 D1	05-01-2000
			WO 9815799 A1	16-04-1998
			EP 0906557 A1	07-04-1999
			JP 2000509812 T	02-08-2000
			JP 3342496 B2	11-11-2002
			US 2002088279 A1	11-07-2002
			US 6349597 B1	26-02-2002
US 5992233	A	30-11-1999	AU 3474497 A	05-01-1998
			EP 0902876 A1	24-03-1999
			JP 2002515976 T	28-05-2002
			WO 9745699 A2	04-12-1997
			US 6296779 B1	02-10-2001
			US 6250156 B1	26-06-2001
			US 6067858 A	30-05-2000
US 5747690	A	05-05-1998	DE 19654304 A1	03-07-1997
			JP 9189557 A	22-07-1997
US 6253612	B1	03-07-2001	AUCUN	
EP 0642216	A	08-03-1995	US 5491725 A	13-02-1996
			DE 69426957 D1	03-05-2001
			DE 69426957 T2	25-10-2001
			EP 0642216 A1	08-03-1995
			JP 7170152 A	04-07-1995